3C

УДК 004.773, 004.896

В.А. Сычёв[1], Б.М. Шевчук[2], В.Н. Пигуз[3]
[1]ГНУ «Объединённый институт проблем информатики НАН Беларуси», г. Минск
Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Сурганова, 6, *vsychyov@robotics.by*
[2]Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев
Украина, 03680 МПС, г. Киев, проспект академика Глушкова, 40, *incors@ukr.net*
[3]Институт проблем искусственного интеллекта МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк, Украина
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118-б

Алгоритм поискового движения мобильного робота для реализации эффективной и защищённой ретрансляции пакетов информации

U.A. Sychyou[1], B.M. Shevchuk[2], V.N. Pigus[3]
[1]United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, c. Minsk, Belarus, 220012, Surganov str., 6, vsychyov@robotics.by
[2]V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, c. Kyiv, Ukraine, 03680 MSP, c. Kyiv, Glushkova ave., 40, incors@ukr.net
[3]Institute of Artificial Intelligence MES Ukraine and NAS Ukraine, Donetsk Ukraine, 83048, Donetsk, st. Artem, 118-b

Search Motion Algorithm of Mobile Robots for Realization of Effective and Protected Relaying Information Packages

В.А. Сичев[1], Б.М. Шевчук[2], В.М. Пігуз[3]
[1]ГНУ «Об’єднаний інститут проблем інформатики НАН Білорусі», м. Мінськ
Білорусь, 220012, м. Мінськ, вул. Сурганова, 6, vsychyov@robotics.by
[2]Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ
Україна, 03680 МПС, м. Київ, проспект академіка Глушкова, 40, *incors@ukr.net*
[3]Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема, 118-б

Алгоритм пошукового руху мобільного робота для реалізації ефективної і захищеної ретрансляції пакетів інформації

В данной работе предлагается способ управления мобильным роботом или группой мобильных роботов для реализации поискового движения в динамически изменяющейся недетерминированной среде, на основе неполных или недостоверных сенсорных данных, предлагается использование модели поискового адаптивного поведения с инерционным переключением между поисковыми тактиками В.А. Непомнящих, реализованной на основе генератора хаотических колебаний. Для повышения эффективности передачи по радиоканалу мониторинговых данных, включая видеоданные. В статье предлагается метод определения наиболее информативных фрагментов сигналов и изображений.
Ключевые слова: мобильный робот, компьютерное моделирование, алгоритм поискового движения.

The implementation method of search motion of mobile robot or group of mobile robots with incomplete or inaccurate sensor data or with failure of one or several sensors in dynamic non-determined environment is described in this paper. The scheme of motion behavior with inertial switching between search tactics developed by V.A. Nepomnyashchikh and based on generator of chaotic vibrations is used for this purpose. In order to increase the efficiency of monitoring data transmission in wireless networks, including sampling

frames of video data signals and data sets, the paper proposes method for recognition the most informative signal fragments and image objects, which is effective in high performance and coding accuracy and oriented to be realized with on-board tools included in the mobile robotic systems.
Key words: mobile robot, computer simulation, motion search algorithm.

У даній роботі пропонується спосіб управління мобільним роботом або групою мобільних роботів для реалізації пошукового руху в динамічно недетермінованому середовищі, що змінюється, на основі неповних або недостовірних сенсорних даних , пропонується використання моделі пошукового адаптивного поведінки з інерційним перемиканням між пошуковими тактиками В.А. Непомнящих , реалізованої на основі генератора хаотичних коливань. Для підвищення ефективності передачі по радіоканалу моніторингових даних, включаючи віддання . У статті пропонується метод визначення найбільш інформативних фрагментів сигналів та зображень.
Ключові слова: мобільний робот, комп'ютерне моделювання, алгоритм пошукового руху.

Введение

В последнее время возрос интерес исследователей к такой разновидности группового управления роботами, как стайное управление (*англ. – swarm control)*. Стайными роботами (*англ. – swarm robots*) принято называть мобильные роботы (МР), действующие в группе и управляемые децентрализовано, не имеющие прямой информационной связи между собой. Каждый робот может получать информацию о действиях других роботов группы только путём измерения состояния среды, в которой действует группа [1].

Отличительной чертой стайного управления МР, по сравнению с другими методами группового управления, является возможность достижения поставленной перед группой цели с помощью большого количества простых роботов. Стайное управление не предъявляет высоких требований к качеству связи, надёжности аппаратного обеспечения и качеству сенсоров, обладает высокой устойчивостью к противодействию, так как выход из строя части группы не помешает оставшимся роботам выполнить задачу, поставленную перед группой.

Задача группового управления роботами формируется аналогично общему случаю задачи группового управления группой роботов [1]. Групповое управление роботами берёт своё начало в промышленной робототехнике, отличающейся тем, что системы управления роботов охвачены обратными связями, и роботы действуют в детерминированной среде. Детерминированность среды означает, что будущее состояние среды полностью определяется текущим состоянием и действием, выполняемым роботом [2]. Детерминированность среды достигается за счёт ограниченности и закрытости рабочей зоны, в которой не могут находиться предметы, назначение и местоположение которых неизвестно системе управления робота. При этом положение робота в пространстве всегда точно известно. Однако применение стайных роботов наиболее выгодно для решения задач в недетерминированной среде. К таким задачам относятся задачи обследования территории, ретрансляции радиосигналов и т.п. При этом роботы вынуждены действовать в условиях неполной и недостоверной информации. К примеру, роботам, действующим в помещении, часто затруднительно с достаточной точностью определить своё местоположение и ориентацию в пространстве без применения сложных навигационных устройств. Подводя итог, можно привести следующую классификацию роботов по возможностям позиционирования в пространстве рабочей зоны:

1. Позиционирование в рабочей зоне отсутствует.
2. Позиционирование возможно относительно других роботов.
3. Позиционирование возможно относительно рабочей зоны.

Таким образом, применение стайных (swarm) методов управления, в особенности для управления микророботами или группами простых роботов, относящихся к первой категории приведённой выше классификации, требует разработки новых алгоритмов управления, важнейшим из которых является алгоритм поискового движения.

Целью данной работы является создание алгоритма поискового движения стайного робота.

Основным требованием, предъявляемым к данному алгоритму, является реализуемость на роботах, оснащённых только теми сенсорами, которые необходимы для решения практической задачи. К примеру, данный алгоритм должен обеспечивать управление группой роботов, предназначенных для ретрансляции радиосигналов и не оснащённых никакими датчиками, кроме датчика мощности радиосигнала (также называемым Received Signal Strength Indication, RSSI) и минимальным числом датчиков препятствия.

Применение нелинейного осциллятора для управления мобильным роботом

В работе [3] описывается общая схема поискового адаптивного поведения с инерционным переключением между поисковыми тактиками. Как было указано в данной работе, эффективное поисковое движение может быть реализовано сочетанием перемещения на значительные расстояния, частыми случайными переменами в направлении движения и инерционностью переключения между каждым из видов движения.

Достоинством описываемой модели поведения является возможность осуществления поисковых движений в условиях неполной и недостоверной сенсорной информации, причиной которых могут стать помехи, ошибочные срабатывания датчиков или наличие у них мёртвых зон.

Недостаток данного метода поискового движения, применительно к задачам управления роботами, заключается в необходимости программирования данного типа поведения с помощью функций условного перехода, и, как следствие, возможные трудности в модификации или настройке коэффициентов управляющей программы.

Данного недостатка лишена модель поведения, описываемая в работе [4], в основе которой лежит принцип управления мобильным роботом с помощью нелинейного осциллятора, то есть системы, динамика которой описывается дифференциальными уравнениями второго порядка [5]. Предлагаемый подход обладает рядом преимуществ перед реактивным методом управления. Реактивное управление широко распространено в робототехнике и позволяет реализовать управление роботом без использования модели среды функционирования робота, опираясь только на сигналы, поступающие от датчиков. Одно из важнейших преимуществ предлагаемого подхода состоит в возможности управлять нелинейным осциллятором с помощью блока, объединяющего сигналы от множества датчиков и, тем самым, исключая необходимость в логическом программировании таких действий, как поворот робота, остановка и т.п.

Кроме того, нелинейный осциллятор, в отличие от генератора псевдослучайных величин, позволяет получать выходные сигналы различной формы – стационарные, периодические и хаотические. Эти сигналы могут быть использованы для формирования разнообразных траекторий движения МР.

В настоящей работе предлагается объединить подход [3] и [4] для реализации поискового движения мобильного робота с использованием управляющих сигналов, генерируемых нелинейным осциллятором. Это позволит реализовать модель поведения [3] с переходами между состояниями, вызываемыми различными режимами работы нелинейного осциллятора.

В работе [4] для управления дифференциальным двухколёсным приводом мобильного робота служит сигнал от двумерного нелинейного осциллятора.

В настоящей работе взамен нелинейного осциллятора, предлагаемого в работе [4], используется генератор хаотических сигналов (ГХС), реализующий известное логистическое отображение (т.н. логистическую параболу), подробно описанное в [6], [7]:

$$y = a - y_{t-1}^2. \quad (1)$$

На рис. 1 показана функциональная схема системы управления мобильным роботом для реализации описываемой модели поискового поведения.

На вход системы управления поступает вектор сенсорных данных S:

$$s = \{s_1, s_2, ..., s_n\}, \quad (2)$$

где s_1, s_2, s_n – данные от каждого из сенсоров, n – число сенсоров.

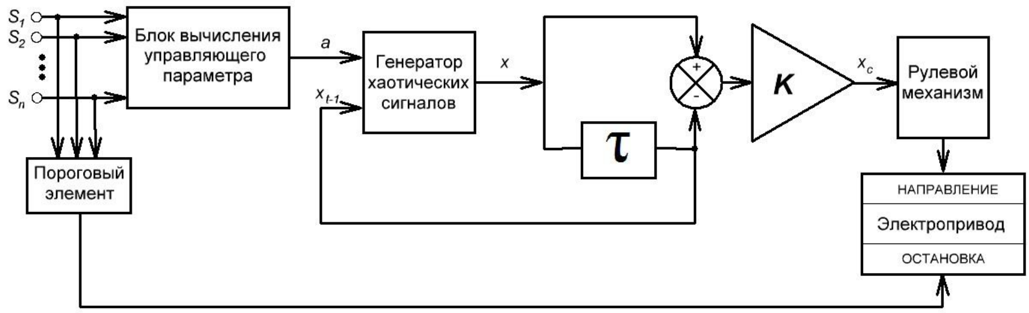


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления роботом

Блок вычисления управляющего параметра по нижеследующей формуле вычисляет параметр, управляющий ГХС, на основании данных от сенсоров робота.

$$a = w_1 s_1 + w_2 s_2 + ... + w_n s_n \quad (3)$$

где a – управляющий параметр, w_1, w_2, w_n – весовые коэффициенты.

Таким образом, в зависимости от значения параметра a, ГХС может находиться в стационарном, периодическом или хаотическом режимах [6]. Настройка весовых коэффициентов позволяет установить соответствие между сигналами от датчиков и типом желаемой траектории движения МР.

Пороговый элемент позволяет использовать сигнал от любого из датчиков для остановки робота, к примеру, в случае аварии.

Для преобразования выходных значений ГХС в управляющие значения рулевого механизма МР, используется схема на основе элемента задержки сигнала по времени τ, вычитателя и пропорционального усилителя K, аналогичная схеме стабилизации нелинейной динамической системы с хаотической динамикой, предложенной К. Пирагасом [7], [8]. На выходе усилителя K формируется следующий сигнал:

$$y_c = K(y_t - y_{t-1}) \quad (4)$$

Усилитель K позволяет масштабировать выходной сигнал ГХС для обеспечения совместимости с различными типами регуляторов скорости вращения электродвигателей.

На основе сигнала y_c вычисляется мощность, подводимая к левому V_l и правому V_r двигателям по следующим правилам:

$$N_l = -y_c, N_r = 255, если\ y_c < 0$$

$$N_l = 255, N_r = y_c, если\ y_c > 0$$

$$N_l = 255, N_r = 255, если\ y_c = 0.$$

Значение мощности N, подводимой к электродвигателям, может изменяться в диапазоне от 0 до 255. При $N = 255$на левый либо правый электродвигатель подаётся максимальная мощность, и соответствующая гусеница вращается вперёд с предельной скоростью, при $N = 0$ – то же самое происходит в обратном направлении. Значение $N = 128$ соответствует нулевой мощности, и, следовательно, остановке электродвигателей.

Как следует из (4), сигнал y_c будет равен нулю в том случае, когда ГХС находится в стационарном режиме. В периодическом или хаотическом режимах сигнал y_c будет изменяться соответственно.

Компьютерное моделирование алгоритма поискового движения

Объектом компьютерного моделирования является робот, оснащённый гусеничным дифференциальным приводом [9] и управляемый по предлагаемому алгоритму.

Цель моделирования – определить влияние управляющего параметра ГХС на траекторию движения МР.

Результаты моделирования представлены на рис. 2.

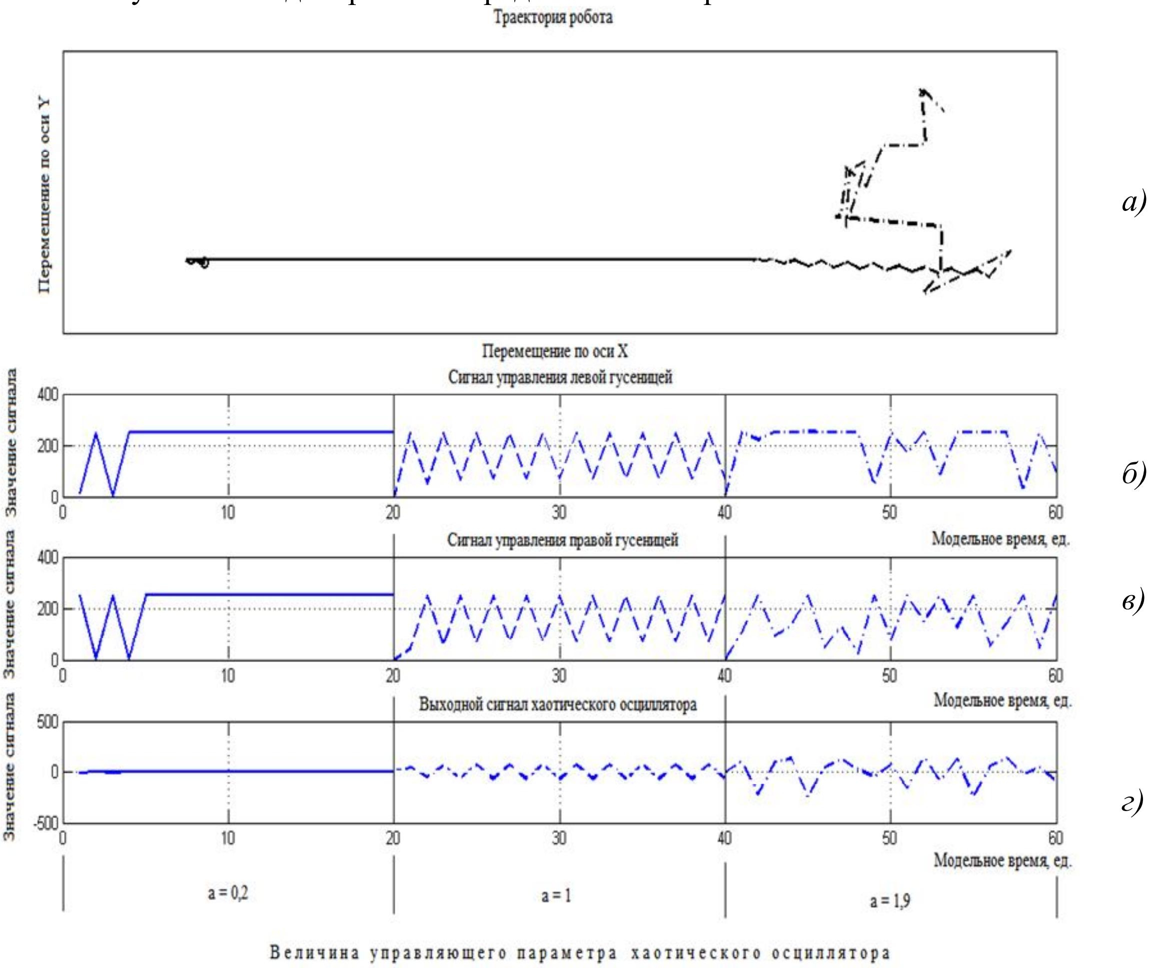


Рисунок 2 – Выходной сигнал нелинейного осциллятора (а),
сигнал управления правой гусеницы (б), сигнал управления левой гусеницы (в),
траектория движения робота (г)

Траектория движения робота, полученная в результате компьютерного моделирования, приведена на рис. 2, *а*. На рис. 2, *б* и 2, *в* показаны графики изменения скорости левой и правой гусениц мобильного робота.

На рис. 2,*г* показано изменение сигнала y_c на выходе ГХС в зависимости от величины управляющего коэффициента *a.* На данном графике сплошной линей показаны значения при *a = 0,2*, прерывистой при *a = 1* и штрих-пунктирной при *a = 1,9.*

Предлагаемый алгоритм может найти практическое применение для решения задачи ретрансляции радиосигналов с использованием группы стайных роботов.

Реализация эффективной передачи и ретрансляции пакетов информации мобильными роботами

Эффективная передача данных мобильными роботами (МР) с применением средств беспроводных сетей диапазона частот ISM, мобильной святи (GSM, CDMA и др.), ведомственных беспроводных сетей и других наземных и спутниковых систем достигается путем реализации бортовыми средствами МР комплекса задач, ориентированных на минимизацию успешных передач пакетов защищенных данных между абонентами ячейковых или сотовых (микросотовых) сетей с доступом к таким средствам межсетевого взаимодействия, как ресурсы сети Internet, сервера, базы данных и др.

При этом в процессе ввода данных (выходных сигналов от сенсоров, видеосенсоров), бортовые средства МР, которые являются абонентскими системами (АС) беспроводных сетей, должны реализовать оперативное сжатие данных с допустимыми (контролируемыми) потерями информации, сжатие данных без потерь, криптозащиту и помехоустойчивое кодирование данных, формирование и бесконфликтную передачу компактных, криптоустойчивых и помехоустойчивых пакетов информации. В результате каждая АС МР минимизирует поток выходных пакетов данных, а также стремиться реализовать передачу информационных пакетов (ИП) с максимально допустимой скоростью передачи информации. С целью эффективной ретрансляции ИП на большие расстояния целесообразно реализовать протоколы передачи пакетов с самоорганизацией передачи ИП [10] между соседними АС МР с доступом к абонентам-ретрансляторам пакетов. В результате формируются несколько путей передачи ИП, что позволяет повысить надёжность доставки информации в сетях связи МР.

В АС МР, как правило, данные от сенсоров и видеосенсоров, после оперативной фильтрации и сжатия, подлежат накоплению в бортовом накопителе, после чего закодированные данные в пакетном режиме, согласно протокола передачи ИП, передаются удалённым абонентам, серверам. Соответственно, каждую АС МР можно рассматривать как преобразователь входных мониторинговых потоков данных в выходные ИП, которые подлежат передаче и ретрансляции. Поскольку каналом связи считаются все ресурсы и средства, которые находятся между отправителем и получателем информации [11], то повышение эффективности функционирования АС МР при заданных частотных параметрах радиоканала достигается за счет эффективного функционирования аппаратно-программных средств информационного уровня средств АС МР [12-14]. При ограниченных частотных ресурсах беспроводных каналов связи эффективная передача пакетов информации достигается на основе реализации процессорными средствами АС МР адаптивной обработки и комплексного кодирования данных, подлежащих оперативной передачи, а также адаптивного формирования кодово-сигнальных последовательностей ИП и их

передачи в виде шумоподобных посылок с учетом оперативной оценки текущего соотношения сигнал/шум в канале связи. Достижение максимальной скорости передачи информации R при условии поддержки необходимого энергетического соотношения в радиоканале осуществляется путем адаптивного выбора минимально необходимой базы канальных сигналов $B_{\min}$. Величина энергетического соотношения определяется по формуле:

$$(E_{is} / J_0)_n \qquad (5)$$

где $E_{is} = S \cdot T_{is}$, S – мощность сигнала, T_{is} – длительность информационного символа (кодовой последовательности), $J_0 = J / F$, J – средняя мощность суммарных помех в канале, F – величина рабочей полосы частот, которая определяется по следующей формуле:

$$F = (E_{is} / J_0)_n \approx (S / J) \cdot B \qquad (6)$$

где $B = F \cdot T_{is}$ – база сигнала или коэффициент расширения спектра сигнала).

При этом информационная скорость передачи информации

$$R_i = K_c \cdot L / k_s \cdot T_{is} \cdot B_{\min},$$

где $K_c = K_i \cdot K_{rt}$, K_i – коэффициент сжатия данных на информационном уровне, который учитывает сжатие данных (сигналов и видеосигналов) с допустимыми потерями информации и сжатие двоичных данных без потерь, K_{rt} – коэффициент сжатия данных на радиотехническом уровне (учитывает повышение скорости передачи данных за счёт многопозиционных методов манипуляции данных и уплотнения каналов передачи информации), $k_s \geq 1.4 - 1.8$ – коэффициент, учитывающий качество формирования цифровых сигналов [11]. При использовании упрощенных радиотехнических средств ($K_{rt} = 1$) эффективность передачи информации в беспроводных сетях возможно повысить за счёт оптимизации величины $K_c \to \max K_c$, где $K_c = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$, k_1 – коэффициент сжатия данных с допустимыми потерями информации, k_2 – коэффициент сжатия данных без потерь, k_3 – коэффициент сжатия (уплотнения длительности данных) в процессе формирования кодово-сигнальных последовательностей ИП, L – количество ортогональных шумоподобных сигналов (ШПС), которые асинхронно передаются в общем радиоканале, $L \leq B / 4$ (величина L соответствует количеству независимых кодовых моноканалов в полосе частот F).

Текущая информационная скорость вычисляется по формуле:

$$v_{i\max} = v_{k\max} / B, \qquad (7)$$

где $v_{k\max}$ – канальная скорость передачи информации.

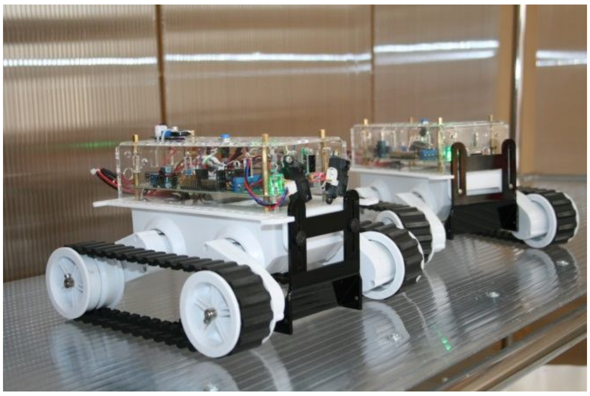
Для передачи данных с текущей информационной скоростью (7) при сохранении необходимого соотношения (5), база кодовых последовательностей информационных пакетов и пакетов-квитанций адаптивно изменяется парами абонентов (передатчиком ИП и приемником ИП) в зависимости от оперативно вычисленного соотношения сигнал/шум в точке приема ИП.

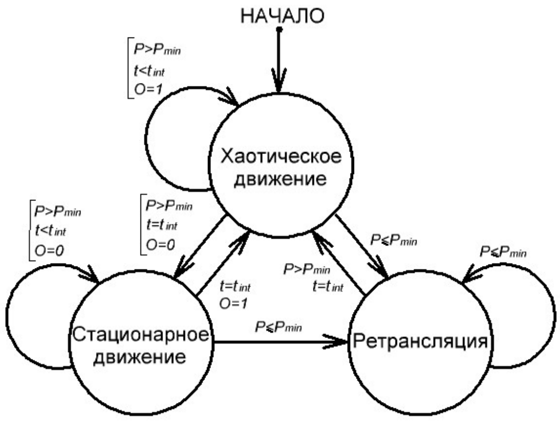
Таким образом, основой для надёжной и эффективной передачи дынных в радиосетях связи МР является поддержка АС МР необходимого энергетического соотношения (5) в радиоканале, компактного кодирования данных, подлежащих передаче, комплексного помехоустойчивого кодирования компактных и крипто-

устойчивых данных [13], [14] и формирования соответствующих интервально-импульсных ШПС. В результате ИП передаются в шумах радиоканала, а за счёт предварительного выбора минимально необходимой базы ШПС обеспечиваются условия для надёжного приема сигнально-кодовых последовательностей ИП. При выполнении процессорными средствами АС МР взаимодополняющих алгоритмов компактного и защищенного (криптоустойчивого и помехоустойчивого) кодирования данных, оптимизированных по быстродействию и точности кодирования, достигается существенное (на порядок и более) уменьшение суммарного потока данных в радиоканале, что эквивалентно увеличению скорости передачи информации бортовыми средствами МР.

Экспериментальное исследование алгоритма поискового движения

Предлагаемый алгоритм был реализован в виде управлявшей программы для мобильного робота, показанного на рис. 3,а.





а) б)

Рисунок 3 – Экспериментальный мобильный робот (на переднем плане) в испытательной арене (а), алгоритм поискового движения робота в виде графа конечного автомата (б)

Данный робот относится к первой категории приведённой выше классифи кации и не оснащён никакими сенсорами, кроме датчика RSSI и фронтального датчика препятствия. Целью мобильного робота является ретрансляция радиосигналов в помещении с помощью радиомодемов типа XBee Pro. Поисковое движение осуществляется для обнаружения точки в помещении, где мощность радиосигнала ниже заданного порога. В этой точке робот останавливается по сигналу от порогового элемента и начинает ретрансляцию. Граф конечного автомата, реализующего данный алгоритм, показан на рис. 3,б.

Конечный автомат имеет три состояния. Два из них относятся к модели поискового поведения [3]. Это состояния хаотического и стационарного движения. Третье состояние – состояние ретрансляции – является целевым для данного робота. Переход между состояниями конечного автомата осуществляется по сигналам от трёх датчиков – RSSI, таймера и датчика препятствия.

На рис. 3,б, выходное значение датчика мощности радиосигнала обозначено как P, минимально допустимый порог мощности радиосигнала – $P_{\min}$. Ретрансляция

радиосигнала должна начинаться в том случае, если $P \le P_{\min}$. Текущее значение таймера обозначено как *t*. Выходные данные от датчика препятствия – *O*. Изменение состояние автомата наступает при изменении одной из трёх величин: значения таймера, значения *O* или значения *P*. Величины $P_{\min}$ и t_{int} устанавливаются заранее в управляющей программе MP.

Таймер отсчитывает интервалы времени, по завершении которых осуществляется переход между состояниями стационарного и хаотического движения. Опрос датчиков и вычисление нового значения *x* (рис. 1) осуществлялось с дискретностью 50 мс.

Предлагаемый алгоритм был протестирован с использованием экспериментального мобильного робота, помещённого в испытательную арену.

В процессе испытаний роботу в восьмидесяти процентах случаев удавалось обнаружить выход из арены, используя только один фронтальный датчик препятствия.

Заключение

В настоящей работе предложен алгоритм поискового движения мобильного робота, основанный на бионической модели адаптивного поискового поведения В.А. Непомнящих [3], которая была реализована на базе генератора хаотических сигналов. Предложенный алгоритм обладает важными преимуществами, позволяя, в частности, строить простые мобильные роботы, оснащённые минимальным числом сенсоров, и при этом успешно решающие задачи поиска на неизвестной местности. Предложенный алгоритм был исследован с помощью компьютерного моделирования и лабораторных испытаний с использованием макета малогабаритного мобильного робота. Так, испытания на макете показали, что робот, управляемый по данному алгоритму, способен *успешно осуществлять поисковые движения*, не будучи оснащённым никакими датчиками, кроме датчика *RSSI*, встроенного в радиомодем XBee Pro,и фронтального датчика препятствия. Данный алгоритм может быть использован как основа для построения группы стайных роботов, решающих разнообразные задачи, связанные с необходимостью осуществления поискового движения.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ-ГФФИУ №Ф13К-144 «Разработка методов оперативной обработки и передачи информации для эффективного управления мобильными роботами и подвижными системами», а также финансовой поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований Украины, проект № Ф54.2/004 «Разработка методов оперативной обработки и передачи информации для эффективного управления мобильными роботами и подвижными системами».

Список литературы

1. Каляев И.А.Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 280 с.
2. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. – М. : Вильямс. 2006. – 1408 с.
3. Непомнящих В.А.Бионическая модель адаптивного поискового поведения / В.А.Непомнящих, Е.Е. Попов, В.Г. Редько // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2008. – № 1.

4. Clarck M. Coupled Oscillator Control of Autonomous Mobile Robots / M. Clarck, T. Anderson, R. Skinner // Autonomous Robots, Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 189-198.
5. Ivana Kovacic. The Duffing Equation : Nonlinear Oscillators and their Behaviour / Ivana Kovacic, Michael J Brennan. – John Wiley & Sons, 2011.
6. Мун Ф. Хаотические колебания. Вводный курс для научных работников и инженеров / Мун Ф. – Москва : «Мир», 1990. – 312 с.
7. Schöll E.Handbook of Chaos Control / E. Schöll, H.G. Schuster – [2nd ed.] – Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, 2008. – 819 p.
8. Pyragas, K.,Phys. Rev. Lett. 86, 2001. – p. 2265.
9. Dudek G. Computational Principles of Mobile Robotics / G. Dudek, M. Jenkin. – Cambridge University Press, 2000. – 280 p.
10. Бунин, С.Г. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами / С.Г. Бунин, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк. – К.: НПП «Издательство “Наукова думка” НАН Украины», 2013. – 444 с.
11. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр – [2-е изд.: Пер. с анг.]. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
12. Шевчук Б.М. Алгоритмічні основи підвищення інформаційної ефективності передачі даних в сенсорних мережах / Б.М. Шевчук, В.К. Задірака, С.В. Фраєр // Комп’ютерні засоби, мережі та системи. – 2013. – № 12. – С. 140-149.
13. Шевчук Б.М. Системний підхід до вирішення проблем оптимізації обчислень засобами об’єктних систем сенсорних мереж/ Б.М. Шевчук // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія. – 2013. – №1. – С. 88-95.
14. Шевчук Б.М. Формування кодово-сигнальних послідовностей об’єктними системами безпроводових сенсорних мереж / Б.М. Шевчук // Питання оптимізації обчислень (ПОО-XL): праці міжнар. наук. конф., присв’яченої 90-річчю від дня народження академіка В.М. Глушкова, 30 вересня – 1 жовтня 2013. – К., 2013. – С. 277-278.

References

1. Kaliaev, I. Models and algorithms of collective control in groups of robots / I. Kaliaev, A. Gaiduk, C. Kapustian. – Moscow : Phismatlit, 2009. – 280 p. [in russian]
2. Russell, S. Artificial Intelligence: A Modern Approach / S. Russell, P. Norvig. – 2nd ed. – Prentice Hall PTR, 2002. – 1132 p.
3. Nepomnyashchikh, V.A Bionic model of adaptive searching behavior / V.A. Nepomnyashchikh, E.E. Popov, V.G. Red'ko // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2008. – №1. – P. 85-93.
4. Clarck, M. Coupled Oscillator Control of Autonomous Mobile Robots / M. Clarck, T. Anderson, R. Skinner // Autonomous Robots, Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 189-198.
5. Kovacic, I. Michael J Brennan The Duffing Equation : Nonlinear Oscillators and their Behaviour / I. Kovacic, M.J. Brennan. – John Wiley&Sons, 2011. – 386 p.
6. Moon, F. Chaotic Vibrations: An Introduction for Applied Scientists and Engineers / F. Moon. – John Wiley&Son, 2004. – 309 p.
7. Schöll, E. Schuster H.G. Handbook of Chaos Control / E Schöll, H.G. Schuster – 2nd ed. – Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, 2008. – 819 p.
8. Pyragas, K. Control of Chaos via an Unstable Delayed Feedback Controller / K. Pyragas // Phys. Rev. Lett. 86, 2001. – P. 2265-2268.
9. Dudek, G. Computational Principles of Mobile Robotics / G. Dudek, M. Jenkin. – Cambridge University Press, 2000. – 280 p.
10. Bunin, S.G. Self-organizing radio networks with ultrabandwidth signals / S.G. Bunin, A.P. Voiter, M.E. Ilchenko, V.A. Romanuk. – Kiiv : “Navukova dumka”, 2013. – 444p. [in russian]
11. Sklar, B. Title: Digital Communications: Fundamentals and Applications (2nd Edition)/ B. Sklar // 2nd ed.: Prentice Hall PTR, 2001. – 1070 p.
12. Shevchuk, B.M. Algorithmic foundations increase information efficiency of data transmission in sensor networks / B.M. Shevchuk, V.K. Zadiraka, S.V. Fraer // Computer means, networks and systems. – 2013. - № 12. – pp. 140-149. [in ukrainian]

13. Shevchuk, B.M. The systems approach to problem solving calculations optimization objective means of sensor networks / B.M. Shevchuk // Information Technology and Computer Engineering. – 2013. - №1. – pp. 88-95. [in ukrainian]
14. Shevchuk, B.M. Formation of code-signal sequence object systems wireless sensor networks / B.M. Shevchuk // The issues of calculation optimization (ISCOPT-XL) – Kiiv., 2013. – pp. 277-278. [in ukrainian]

RESUME

U.A. Sychyou, B.M. Shevchuk

Search Motion Algorithm of Mobile Robots for Realization of Effective and Protected Relaying Information Packages

The implementation method of search motion of mobile robot or group of mobile robots with incomplete or inaccurate sensor data or with failure of one or several sensors in dynamic non-determined environment is described in this paper. Ander the search motion an algorithm for environment research and search of given objects, appearances, characterized areas is considered. The scheme of motion behavior with inertial switching between search tactics developed by V.A. Nepomnyashchikh and based on generator of chaotic vibrations is used for this purpose. The generator is a system with non-linear element and has at least one regime, where chaotic signals are produced. The generator has program realization on the base of logistic map.

This way of implementation search motion allows controlling robots which are scattered in the environment to retranslate signals to be considered. In order to increase the efficiency of monitoring data transmission in wireless networks, including sampling frames of video data signals and data sets, the paper proposes method for recognition the most informative signal fragments and image objects, which is effective in high performance and coding accuracy and oriented to be realized with on-board tools included in the mobile robotic systems.

To verify operability the method was implemented in two different systems: computer model and real mobile robot. Used prototype of the mobile robot is compact, autonomous, tracked and equipped with on-board radio modem XBee and front obstacle sensors (collision sensors). Obtained results emphasize direction of the future research: development of on-board chaotic signals generator for mobile robots with limited computing systems, i.e. micro robots.

Статья поступила в редакцию 27.12.2013.